

University of Groningen

Static and dynamic wetting of porous Teflon® surfaces

van der Wal, Bouwe Pieter

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2006

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

van der Wal, B. P. (2006). *Static and dynamic wetting of porous Teflon® surfaces*. [Thesis fully internal (DIV), Groningen]. [s.n.].

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

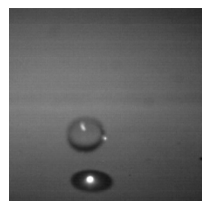
Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Chapter 10

Samenvatting en vooruitblik

Het onderwerp van dit proefschrift was het produceren van een zelfreinigend oppervlak met standaard industriële materialen via minder arbeidsintensieve en minder kostbare methode dan de gebruikelijke lithografische technieken. Een zelfreinigend oppervlak is extreem waterafstotend en deeltjes hechten er niet goed aan. Deze karakteristieken maken het mogelijk dat een waterdruppel die van het oppervlak af rolt, alle vuildeeltjes verwijdt, zonder het gebruik van reinigingsmiddelen. Deze karakteristieken zijn het resultaat van de chemische compositie van het oppervlak in combinatie met de oppervlaktestructuur. De kwaliteit van een zelfreinigend oppervlak is gerelateerd aan de contacthoek van een waterdruppel op het oppervlak, en de contacthoekhysterese. Voor dit onderzoek werden Teflon[®] materialen gebruikt vanwege hun lage oppervlakte-energie.

Voor de eerste benadering werd gebruik gemaakt van Teflon[®] AF, een amorf Teflon[®] co-polymeer dat oplosbaar is in een reeks geperfluorideerde oplosmiddelen. Teflon[®] AF oplossingen werden gespincoat in een met damp verzadigde omgeving. De oplossing koelde af door verdamping van het oplosmiddel, wat er voor zorgde dat de damp op de Teflon[®] AF oplossing condenseerde, en daarmee een reeks van druppels



vormde. Nadat al het oplosmiddel en de damp vervluchtigd zijn, bezit de gevormde film gaten die een afdruk zijn van de intermediaire condensaat druppels. De experimenten werden uitgevoerd met een aantal verschillende dampen. De beste resultaten werden behaald met waterdamp in combinatie met een hoge spin-coat snelheid. Hierbij zijn contacthoeken tot 136° gehaald. Dit is een toename van 30° in vergelijking met een gladde Teflon[®] AF film, maar niet genoeg voor een zelfreinigend oppervlak.

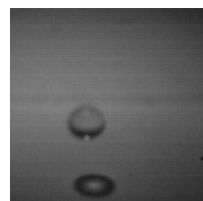
Voor de tweede benadering werd gebruik gemaakt van Teflon[®] colloïden. De Teflon[®] colloïden werden gemengd met opofferingscolloïden, en het colloïdale mengsel werd op een substraat aangebracht met behulp van spread-coating. De film werd vervolgens op een verwarmplaat verhit tot 290°C om de opofferingscolloïden te verwijderen. Hierdoor vormde een film met gaten die door de opofferingscolloïden werden achtergelaten. De grootte van de Teflon[®] colloïden was 200 nm. De grootte van de opofferingscolloïden werd gevarieerd, net als de mengverhouding van de Teflon[®] colloïden en de opofferingscolloïden. De beste resultaten werden behaald met een mengsel van Teflon[®] colloïden en $8\text{ }\mu\text{m}$ opofferingscolloïden met een waarde van φ tussen 0,5 en 0,7. De opofferingscolloïden vormden een geordende compacte pakking gedurende de vorming van de film. De resulterende film bestond uit een geordend patroon van holen die gescheiden werden door homogene gebieden bestaande uit Teflon[®] colloïden. Deze oppervlaktestructuur is een mechanisch robuuster ontwerp dan die van andere zelfreinigende oppervlakken, die gebruik maken van uitsteeksels in plaats van inkepingen. Er zijn watercontacthoeken van meer dan 170° behaald, gecombineerd met een verwaarloosbare contacthoekhysterese.

De adhesie van de zelfreinigende coating werd sterk verbeterd door gebruik making van een primer coating. De mechanische robuustheid van de zelfreinigende oppervlakte werd getest door een afschuifkracht aan te brengen. Onder zeer hoge druk wordt de oppervlakte structuur inelkaar gedrukt. De *advancing* watercontacthoek blijft boven de 140° voor een druk tot 1 MPa.

Het grensvlak van een waterdruppel op een zelfreinigend oppervlak kan zich in twee verschillende staten bevinden: een niet composiete staat waarin het water de contouren van de oppervlaktestructuur volgt, en een composiete staat waarin de druppel over de inkepingen in de structuur hangt, en er zodoende lucht ingesloten is in de inkepingen. Een druppel in de composiete staat heeft gewoonweg een zeer lage contacthoekhysteresis. In hoofdstuk 6 is een methode beschreven voor het zichtbaar maken van het grensvlak tussen de druppel en het substraat, met gebruikmaking van een geïnverteerde microscoop. Deze studie toont aan dat er een overgang is van de composiete naar de niet composiete staat van het grensvlak, die afhangt van de druppelgrootte en daarmee het gewicht. In het geval van een film bestaande uit een $3\text{ }\mu\text{m}$ hol structuur met defecten, vullen de grotere defecten eerst op, gevolgd door de kleineren wanneer het volume van de druppel groter wordt.

Het gedrag van waterdruppels die met glazen, vlakke en zelfreinigende Teflon® oppervlaktes botsen, is bestudeerd met behulp van een hogesnelheidscamera zoals beschreven is in hoofdstuk 7. Omdat visceuze dissipatie van energie maar een kleine rol speelt voor een zelfreinigend oppervlak, slaat de druppel zijn kinetische energie op in de vergroting van zijn oppervlak, en daarmee in de vergroting van de oppervlakte-energie. Deze energie komt vrij bij het samentrekken van de druppel, waardoor de druppel van het oppervlak afstuiterd in plaats van aan het oppervlak te hechten. Bij hogere botsingskrachten breken of spatten de druppels uiteen. In hoofdstuk 8 is het effect van het toevoegen van polyethyleenoxide aan water op het botsingsgedrag onderzocht. De *elongational* viscositeit van de PEO oplossingen kunnen de druppels van stuiteren, uiteenbreken en uiteenspatten weerhouden.

Een interessant idee voor verder onderzoek is het combineren van de geïnverteerde microscopietechniek, zoals beschreven in hoofdstuk 6, met hogesnelheidsvideografie. Op deze manier is het mogelijk om vast te stellen of het grensoppervlak tussen de druppel en de film zich in de composiete staat bevindt of niet. Wanneer een druppel de oppervlakte



inkepingen opvult gedurende de botsing, voordat hij een composiete staat aanneemt, is het mogelijk dat het vuildeeltjes uit de inkepingen meeneemt. Zo niet, dan kunnen vuildeeltjes in de structuur achterblijven en daarmee het zelfreinigend effect van het oppervlak verminderen.